Die Moosvegetation im Urwald von Bialowies.

Vortrag von

M. Fleischer

in der 13. Zusammenkunft am 25. September 1919.

Wenn ich mir erlaube, Ihre Aufmerksamkeit für die Vegetationsverhältnisse der Moose im Bialowieser Urwaldgebiet kurze Zeit in Anspruch zu nehmen, so erwarten Sie nicht eine erschöpfende Darstellung mit Aufzählung besonders seltener Arten von mir, im Gegenteil werden manche unter Ihnen über die wenigen bryologischen Seltenheiten enttäuscht sein. Bei dem kurzen Aufenthalt mußte ich mich auf die Beobachtung der formationsbildenden Arten beschränken. Ich werde Ihnen also nur eine Übersicht der allgemeinen bryologischen Vegetationsverhältnisse und Formationen mit den dominierenden Arten geben, sowie ein allgemeines Bild der Moosvegetation im „sogenannten" Urwald, im Gegensatz zum Kulturwald, unter Berücksichtigung einiger ökologischer Faktoren. Insbesondere werde ich auch den Einfluß des Lichtes auf die Waldmoose etwas näher betrachten.

Ich sagte nicht ohne Grund „sogenannten Urwald", denn der größte Teil dieses riesigen Waldgebietes (beiläufig 1200 □km umfassend) ist durch die Waldwirtschaft stark beeinflußt worden. Man hat bis zum Jahre 1847 im Interesse der Jagdwirtschaft den Wald in 541 Jagen eingeteilt. Daher durchziehen geradlinige Schneisen von Ost nach West und Süd nach Nord in Entfernung von etwas über 1 km das weite Waldgebiet. Dr. RUBNER schreibt, daß von da an nur von einem „geregelten Urwald" gesprochen werden kann, da er durch Schneisen erschlossen und durch Abzugsgräben teilweise entwässert, auch auf abgestorbenes Holz genutzt wurde. Immerhin sind aber abseits der Wege noch genügend unberührte Waldstellen vorhanden, und besonders auf dem teilweise ungangbaren Sumpfboden findet sich stockender Wald, welcher noch als echter, unberührter Urwald angesehen werden kann.

Was die geographische Lage betrifft, so liegt der Bialowieser Wald in der durch dünenartige Höhenrücken leicht gewellten litauischen Tiefebene, deren durchschnittliche Erhebung 170 m und deren höchste etwa 200 m beträgt. Trotz dieser geringen Höhendifferenzen ist der Charakter des Waldes und seiner Moosvegetation sehr verschieden. Je nach den Feuchtigkeitsverhältnissen und dem Grundwasserstand bietet

er einen reichen Wechsel vom typischen Sumpfwald in der Nähe der Wasserläufe, bis zum trockneren Kiefernwald mit *Calluna*-Heidebildung auf den sandigen Höhenrücken. Mehr oder minder ausgedehnte Moorflächen, welche alle Übergänge vom Wald- und Rohrsumpf, Wiesen- und Übergangsmoor, bis zum Sphagnetum und an einzelnen Stellen zum mehr oder minder typischen beginnenden „Hochmoor" zeigen, unterbrechen den Waldbestand. Die Wälder haben vorwiegend den Charakter des Mischwaldes und es fällt der gemischte Bestand von Laub- und Nadelhölzern im Gegensatz zu unseren einförmigen Kulturwäldern dem Neuling sofort auf.

Durch die vortrefflichen Ausführungen meines Herrn Vorredners sind Sie bereits in die verschiedenen Waldformationen und Pflanzenvereine des Urwaldes näher eingeführt worden. Ich kann also vieles als bekannt voraussetzen und werde zur Vervollständigung des Bildes versuchen, die für die Moose wichtigen Formationen zu schildern; ebenso auf ihr formationsbiologisches und pflanzengeographisches Interesse an sich und im Gegensatz zu unseren Kulturwäldern hinweisen.

Die artenreichste und üppigste Entwicklung der Moose ist im feuchten Mischhochwald anzutreffen, der vorwiegend aus Laubhölzern und der Bialowies-Fichte besteht und je nach dem Grundwasserstand mehr oder minder feucht ist. Von Laubhölzern dominiert, wie Sie bereits wissen, die Hainbuche. Daneben finden sich Linden, Ahorn, Eichen, Aspen, Birken, an den feuchtesten Stellen Erlen, alle mehr oder minder mit epiphytischen Moosen und Flechten besetzt. Der Rohhumus des Waldbodens ist, insofern er nicht von Siphonogamen und Pteridophyten eingenommen wird, ebenfalls mit einer schwellenden Moosdecke versehen, die auch umgestürzte Baumstämme und alte Stubben überzieht. Es setzt sich also die Moosformation des Mischwaldes aus zwei Unterformationen zusammen:

1. den meist xerophytischen Rindenbewohnern mit geringem Nährstoffbedürfnis und

2. den anspruchsvolleren Bodenbewohnern, welche als Mesophyten anzusprechen sind.

Betrachten wir zuerst die Rindenbewohner, so fällt auch dem Nichtbryologen im Gegensatz zu unsern mitteleuropäischen Kulturwäldern die große Üppigkeit der Rindenvegetation auf, die für den Urwald namentlich in seinen feuchteren Teilen hervorragend charakteristisch ist; denn fast jeder Stamm besonders der Laubhölzer und Baumstubben ist mit einer mehr oder minder zusammenhängenden Moosdecke versehen, die zuweilen ringartige Formen hat und mit Flechten untermischt ist. Diese Unregelmäßigkeit der Decke ist keine Zufallserscheinung, sondern hängt, wie wir später sehen werden, außer mit dem Regenfang besonders auch

mit dem Kampfe ums Licht im Waldesdickicht zusammen. Unter den Stammepiphyten fällt besonders die meist reichlich fruchtende *Neckera pennata* und der sterile *Anomodon longifolius* auf, welche hier sehr häufige Moose sind, dagegen in unseren nördlichen Laubwäldern nur sehr selten an Rotbuchen vorkommen. Ferner sterile *Neckera complanata, Homalia trichomanoides* und *Anomodon viticulosus*, die auch bei uns stellenweise nicht selten sind. Besonders *Anomodon viticulosus* ist in Deutschland als Leitmoos des Rotbuchenwaldes bekannt, tritt aber hier besonders an Hainbuchen auf. — Weniger häufig ist die stattliche *Antitrichia curtipendula* und *Isothecium myurum*, welche auch beide gern an liegenden, modernden Stämmen vegetieren, ebenso wie das Lebermoos *Plagiochila asplenioides.* Von Flechten ist die stattliche *Sticta pulmonaria*, welche oft ganze Hainbuchenstämme bedeckt, und *Anaptychia ciliaris* besonders auffällig. In den trockneren Teilen des Laubmischwaldes ist neben *Neckera complanata* und *Homalia* auch der bei uns häufige, immer sterile *Leucodon sciuroides*, an Buchen sporogontragendes *Homalothecium sericeum*, und der Ubiquist *Hypnum cupressiforme* als Varietät *filiforme* immer anzutreffen. Junge, meist kranke Schattenfichten sind zuweilen mit den kleinen, polsterförmig-runden Räschen von reich fruchtender *Ulota crispa* bedeckt, wie ich Ihnen später auf einer Aufnahme zeigen werde. Diese bei uns nicht seltene Art ist bis jetzt nicht in Innerrußland nachgewiesen worden. An lichteren Waldstellen und Wegen fallen besonders an alten Birken die freudiggrünen, sterilen Rasen von *Dicranum montanum* auf; auch fruchtendes *Orthotrichum speciosum* ist an Laubstämmen nicht selten. Von Lebermoosen sind besonders *Ptilidium ciliare*, *Radula complanata* und *Metzgeria furcata* anzntreffen. Damit wären die besonders auffälligen und formationsbildenden Arten der Rindenmoose erschöpft, denn das seltene *Platygyrium repens*, welches auch stellenweise steril vorkommt, bevorzugt mehr die lichteren Waldränder an den Moorflächen.

Ich wende mich nun zu den Bodenbewohnern des Mischwaldes; auch hier ist die Moosdecke viel üppiger und artenreicher als selbst in unseren Gebirgswäldern. Während in unseren Buchenwäldern der Ebene wegen des Laubfalles und der geringen Belichtung fast keine oder nur sehr spärliche Bodenvegetation besteht, ist der Rohhumusboden des Bialowieser Laubmischwaldes stellenweise mit einem sehr dichten Moosteppich bedeckt, der sich merkwürdigerweise zu einem großen Teil aus den Arten zusammensetzt, welche die formationsbildenden Leitmoose unseres norddeutschen Kiefernwaldes sind, worauf ich besonders aufmerksam machen möchte.

Es sind dieses vor allem die Arten *Hylocomium splendens*, *Rhytidiadelphus (Hylocomium) triqueter*, *Hypnum Schreberi*, *Dicranum*

scoparium, welche Massenvegetation bilden, ferner *Dicranum undulatum*, *Polytrichum formosum*, *Pohlia nutans*, oft an Waldwegen in der var. *strangulata*, *Catharinea undulata* v. *minor* und das auch bei uns als Laubwaldbegleiter häufige *Eurhynchium striatum*. Dagegen scheint das stattliche *Scleropodium purum*, welches bei uns immer in obiger Gemeinschaft auftritt, gänzlich zu fehlen. Das hat wahrscheinlich darin seinen Grund, daß die Verbreitung dieser mehr westeuropäischen Art gegen Osten hin abnimmt und vielleicht mit der Rotbuche auch ihre Ostgrenze findet; wenigstens sind außer spärlichem Vorkommen im Baltikum und Finnland, wo sich das Seeklima noch geltend macht, keine innerrussischen Standorte bekannt, erst im Kaukasus und der Krim tritt sie wieder auf. Ebenso fehlt das bei uns besonders in Birkenbeständen vorkommende *Brachythecium curtum*, von dem aber noch zwei östliche Standorte, nämlich in Finnland und Mittelrußland, bekannt sind. Das bei uns auf festem Kiefern- und Laubwaldboden sehr verbreitete *Brachythecium velutinum* konnte ich nur einmal am Grunde von Erlen im Bruchwald bei Chvoinik beobachten; da es aber von mehreren Punkten Rußlands bekannt ist, scheint es bei Bialowies nicht die richtigen Standortsverhältnisse zu finden.

Wird die Bodenfeuchtigkeit größer, so stellt sich sofort *Climacium dendroides* in größeren Mengen ein, welches man bei uns auch meist nur auf offenen Formationen antrifft, ferner *Thuidium tamariscinum* und die *Mnium*-Arten *M. cuspidatum*, *M. affine* und *M. undulatum*. *Mnium hornum* scheint gänzlich zu fehlen, das ist sehr auffallend, denn diese Art ist in ganz Deutschland an feuchten Waldstellen häufig und bildet oft Massenvegetation. Da es nur wenige Standorte im Baltikum hat, in Rußland ganz fehlt, und nur in der Krim vorkommt, so scheint sie ebenfalls wie *Pseudoscleropodium (Hypnum) purum*, vielleicht mit der Buchengrenze ostwärts zu verschwinden. Hier und da auf feuchtem Rohhumus wächst das schöne Wedelmoos *Ptilum crista castrensis*, welches zuweilen auch auf vermorschte Stämme übergeht. An feuchten Wurzeln kommt neben *Amblystegium serpens* das seltenere *A. varium* vor; sowie in Bachrinnen und Wassertümpeln fruchtendes *A. riparium* und die im Bialowieser Gebiet sehr verbreitete *Calliergonella (Hypnum) cuspidata* nebst *Marchantia polymorpha*. *Hypnum cuspidatum*, welches in Norddeutschland ein bestandbildendes Moos aller offenen Formationen, wie feuchter Wiesen, Waldränder und Erlenbrüche ist, flüchtet sich hier auch in den tiefsten Waldschatten und fruchtet dann reichlich, während es im Freiland steril bleibt. Es scheint mit dem *Climacium dendroides* zu den Arten zu gehören, die auch vielleicht aus klimatischen Gründen den Rückzug in den Wald antreten.

Auf liegenden, morschen Baumstämmen und besonders auf Stubben trifft man ebenso wie in unseren Wäldern häufig die fruchtende *Tetraphis pellucida*, aber seltener *Aulacomnium androgynum* mit Brutkörpern, welche letztere Art nach Osten zu immer seltener wird, wie ebenso das auch bei uns seltene *Isopterygium silesiacum;* ferner *Dicranum flagellare* überall reichlich mit Sporogonen, das bekanntlich bei uns sehr selten fruchtet. An morschen Stämmen zuweilen *Brachythecium salebrosum* und *B. rutabulum*, sowie *Oxyrrhynchium praelongum*, ebenso das nimmerfehlende und reichlich fruchtende *Hypnum cupressiforme;* auch *Hylocomium splendens* überwuchert mit Vorliebe ganz vermorschte Baumstümpfe.

Beide Formationen, die Rinden- und die Bodenbewohner, werden durch die Arten verbunden, welche mit Vorliebe den Grund der Stämme bekleiden und auch auf den Boden übergehen. Es sind dies besonders *Eurhynchium striatum*, welches auch bei uns ein häufiger Laubwaldbegleiter ist, ferner *Isothecium myurum*, *Homalia trichomanoides* und *Hypnum cupressiforme* sowie die Lebermoose *Metzgeria furcata* und *Ptilidium ciliare.* Die drei letzteren Arten verändern dabei auch ihren Habitus, indem *H. cupressiforme* an den Stämmen in die fadenförmige var. *filiforme* übergeht, und die Lebermoose dünn- und feinlaubiger werden.

Wo der Wald trockner wird, und zumal wo die Kiefer auf den trockenen, sandigen Höhenrücken vorherrscht, bekommt die Moosvegetation fast ganz den Charakter der Kiefernwälder der Mark. Die Moosdecke besteht ganz aus den typischen Kiefernwaldmoosen. Aber es fehlt, wie bereits früher erwähnt, *Hypnum purum* und *Brachythecium velutinum.* Die Formation setzt sich der ungefähren Reihe des Vorkommens nach geordnet aus *Pleurozium (Hypnum) Schreberi*, *Hylocomium splendens*, *Hypnum cupressiforme* und *Dicranum undulatum* zusammen. Hie und da auf heidigen Stellen *Ceratodon purpureus*, *Polytrichum juniperinum*, *P. piliferum*, seltener *Leucobryum glaucum.* Auf früheren Brandstellen *Funara hygrometrica* und an morschen Stümpfen steriles *Dicranum flagellare* mit brüchigen Brutästen, sowie *Cladonia*-Arten.

Wir ersehen hieraus, daß der größte Teil der bodenbewohnenden Arten des Kiefernwaldes auch im trockneren Laubmischwald formationsbildend auftritt. Was nun aber die Rindenbewohner des Nadelwaldes anbetrifft, so ist das Vegetationsbild ein total verschiedenes und mehr demjenigen unserer Wälder gleichend; da ja die Kiefern und Fichten selbst, bei der schnellen Erneuerung ihres Periderms und dauernder Abstoßung ihrer toten Korkzellen, meist ganz frei von Epiphyten bleiben.

Nur an kranken und langsam wachsenden Nadelhölzern, wie z. B. an den Moorkiefern und Schattenfichten siedeln sich Moose und Flechten an. Ich erinnere an die kleinen Fichten mit *Ulota*-Rasen und an die von Flechten befallenen Fichten, die ich Ihnen noch bildlich vorführen werde.

Der sich selbst überlassene Mischwald reguliert sich auch selber und geht stellenweise in den Bruch- oder Sumpfwald, auch Rohrsumpf oder Fichten- und Erlensumpf über. Hier ändert sich nun mit der dauernden Bodennässe und der hohen Stoffproduktion auch wesentlich das Moosbild. Es treten in den Waldbrüchern die vorhin erwähnten Hypnaceen, außer *Hypnum cuspidatum*, sehr zurück oder verschwinden ganz, um sumpfliebenden Arten Platz zu machen. Auf dem andauernd mit Wasser durchtränkten Boden finden sich die ersten Sphagnaceen ein, wie *S. cymbifolium, S. acutifolium, S. recurvum, S. plumulosum* usw., ferner das stattliche *Polytrichum commune, Calliergon cordifolium*, das rosettenförmige *Rhodobryum roseum* und *Bryum ventricosum*, auch große *Mnium*-Arten wie *M. Seeligeri* und *M. affine* var. *elatum*, hie und da *Mnium punctatum*. Auf die Stubben flüchten sich *Thuidium*-Arten wie *Th. tamariscinum*, seltener *Th. recognitum* und *Th. delicatulum*, ferner *Plagiothecium denticulatum* und das Lebermoos *Lepidozia reptans*, sehr häufig *Pohlia nutans* in üppig fruchtenden Rasen, selten dagegen *Cirriphyllum piliferum* und *Dicranella heteromalla*, welche letztere Art in der Mark meist an allen Waldwegen zu finden ist. In den Entwässerungsgräben findet sich *Calliergon cordifolium, Drepanocladus Kneiffii*-Formen und *Mniobryum albicans*, sowie die Lebermoose *Marchantia polymorpha* und *Pellia epiphylla*.

Die Rindenbewohner bieten keine wesentlichen Unterschiede vom feuchteren Mischwald dar. Nur fehlen sie teilweise dort, wo der Bestand viel Erlen, Birken oder Fichten enthält. Häufig tritt *Dicranum montanum*, hie und da *Orthotrichum speciosum* und die bei uns seltene *Lejeunia serpyllifolia* an Laubhölzern auf.

Ich komme nun zu den für die Moosvegetation sehr wichtigen und auch sehr ausgedehnten Moorformationen des Bialowieser Gebietes. Diese Moore sind in verschiedener Größe in den Mischwald eingesprengt, oder nehmen weite, baumlose Flächen ein, die als Bagnos bezeichnet werden.

Betrachten wir ein derartig in den Mischwald eingesprengtes kleines oder größeres Waldmoor näher, so finden wir in dem dichten Carexbestand, welcher das Moor ausfüllt, keine wesentliche Moosvegetation, höchstens gelingt es einigen Rasen von *Aulacomnium palustre* und *Calliergon straminium* sich zwischen die dichten Carexbüsche zu drängen. Dasselbe ist auf den ausgedehnten, monotonen, mit Massenvegetation

von Sauergräsern bestandenen Niederungsmooren der Fall. Dagegen entwickelt sich an den Moorrändern eine dichte Sphagnumdecke. Dieses Sphagnetum umgibt gürtelförmig den Carexbestand und setzt sich meist aus *Sphagnum squarrosum*, *S. recurvum* mit var. *majus*, *S. amblyphyllum* mit var. *parvifolium*, seltener auch *S. subbicolor* und *S. cuspidatum* mit var. *plumosum* zusammen; besonders das letztere füllt gern flache Vertiefungen am Waldrande, in denen sich Wasser ansammelt, ganz aus.

Auch da wo sich sekundäre Standortseinflüsse geltend machen, wie z. B. in die Moore gelegte Dämme mit Gräben, ist die Artenzahl reichhaltiger. Massenhaft tritt in den Gräben *Calliergon giganteum* auf, dazwischen finden sich Wasserformen von *Drepanocladus aduncus*, auf den moorigen Stellen steriles *Hypnum cuspidatum*, *Aulacomnium palustre* in großen Polstern, *Calliergon stramineum* und das seltenere *Brachythecium Mildeanum*. Von Sphagnaceen treten besonders auf *Sphagnum plumulosum* und das seltenere *S. obtusum*, sowie *S. teres* und *S. Warnstorfii*. Zuweilen mischt sich auch *Hypnum Schreberi* zwischen die hohen Sphagnumpolster und nimmt langgestreckte, hygrophile Formen an.

Am Rande selbst der großen Niederungsmoore mit Sauergräsern findet sich selten an Birken *Platygyrium repens* und *Dicranum montanum*, sowie an moorigen Wiesenstellen *Polytrichum gracile*. Die Bodenflora des Waldrandes bietet sonst keine Besonderheiten, da sie die üblichen Waldmoose zeigt. Viel typischer und bryologisch interessanter ist die Moosformation da, wo die Niederungsmoore in die nährstoffarmen Heidemoore übergehen, und sich zu dem vom atmosphärischen Wasser abhängigen Hochmoor auszubilden, wie es z. B. in dem ausgedehnten Wolfsmoor der Fall ist. Dasselbe ist übrigens eine der wenigen Stellen des Bialowieser Gebietes, wo ein ziemlich ausgebildetes Hochmoor-Sphagnetum anzutreffen ist; allmählich kann man hier den Übergang aus dem Carex-Niederungsmoor durch das Übergangsmoor zum Hochmoor verfolgen.

Zwischen dem lichten Bestand kleiner Fichten, Kiefern und Birken bilden sich im Übergangsmoor große Bülten von prächtig fruchtendem *Polytrichum commune*, einer unserer größten, europäischen Arten, teils in reinen Rasen, teils vermischt mit dem selten kuppenbildenden, aber häufigen *Sphagnum recurvum*. Auf dem Chwoiniker Übergangsmoor fanden sich außer *Sphagnum acutifolium* seltenere Arten in Bülten wie: *Sphagnum compactum* und *S. obtusum*, häufig eingesprengt auch *S. contortum*, dagegen fehlte *Polytrichum commune* gänzlich und ist durch *Aulacomnium palustre* und *Bryum ventricosum* ersetzt. Auf den hochmoorartigen Stellen tritt bereits *Polytrichum strictum* mit dem selteneren *Sphagnum fuscum* auf.

Überhaupt wo das stengelfilzige *Polytrichum strictum* und die tiefrötlichen Polster des *Sphagnum medium* ausschließlich die Bültenbildung übernehmen, ist der typische Hochmoorcharakter gegeben. Derselbe kommt bekanntlich durch das Höhenwachstum der Torfmoose zustande, wie auch z. B. im vorhin erwähnten Wolfsmoor. Hier bildet *Polytrichum strictum* $^{1}/_{2}$ m hohe Bülten um die Krüppelkiefern. Oft besteht die eine Bülte nur aus männlichen Exemplaren, die andere nur aus weiblichen, oder es gewinnen die braunroten Polster von *Sphagnum medium* die Oberhand. Zwischen den Bülten breiten sich *S. amblyphyllum* und *S. recurvum* aus, denen sich auch *S. acutifolium* und das östlich nur noch im Baltikum auftretende, seltene *S. subtile*, wie z. B. im Hindenburgmoor, zugesellt. Auf den Bülten vegetieren die typischen Hochmoorpflanzen, wie *Vaccinium oxycoccus* und *Ledum palustre*. Wie man aus den vorhergehenden Angaben ersieht, gleichen die bestandbildenden Elemente der Moorformation der Heidemoorgebiete fast ganz denjenigen unserer kleinen, märkischen Heidemoore. Neu war mir die auffallende Bültenbildung von *Polytrichum commune*, welches in Norddeutschland mehr in flachen Beständen auftritt, auch war das bei uns im Hochmoor meist bestandbildende *Sphagnum rubellum* selten nachzuweisen.

Auffallend ist auch das Fehlen verschiedener sumpfliebender Arten in den Grünlandmooren, wie z. B. *Fissidens adiantoides*, *Dicranum palustre*, *Meesea*- und *Philonotis*-Arten, sowie auch viele der bei uns auftretenden Drepanocladen. Unter den Sphagneen scheint *S. fimbriatum* und *S. Girgensohni* ganz zu fehlen, andererseits wären die östlichen Arten, wie *S. Wulfianum*, *S. Lindbergii* und *S. riparium* zu erwarten gewesen.

Zum Schluß möchte ich noch einige Beobachtungen über die Lichtwirkung, die in sehr verwickelten Beziehungen zur Moospflanze steht, anfügen. Für die Moose im Urwald, die ja alle mehr oder weniger skiophile, also schattenliebende Arten sind, kommt besonders das diffuse Licht, also das zerstreute Tageslicht in Betracht, weniger das Sonnenlicht. Die beblätterte Moospflanze ist nach GOEBEL sogar in höherem Grade vom Licht abhängig als die Siphonogamen und Pteridophyten, und das Licht wirkt viel eingreifender auf die Gestaltungsverhältnisse der Moospflanze als z. B. die Schwerkraft.

Wir haben daher auch nicht allein wegen der größeren Feuchtigkeit, sondern auch wegen der günstigen diffusen Lichtverhältnisse in den natürlichen Wäldern eine entwickelte Massenvegetation von Boden- und Rindenbewohnern. Unsere Kulturwälder, z. B. reine Fichten- oder Buchenwälder, leiden an zu geringem diffusem Licht, denn da, wo die Lichtstärke auf $^{1}/_{70}$ bis $^{1}/_{90}$ herunter geht, herrscht nach WIESNER der

sogenannte tote Waldschatten, in dem selbst kein Moos mehr gedeihen kann. Die Ähnlichkeit in der Lichtraumausnützung des tropischen und des Bialowieser Urwaldes fiel mir besonders auf, wie z. B. auch die Moospflanze nach demselben Prinzip ihre Organe im Raume und zum Lichte so orientiert, daß sie die möglichst ihr zusagende Lichtmenge erhält.

Ein typisches Beispiel für die Förderung der Lichtseite ist die epitrophische *Neckera pennata*, welche hier epiphytisch an Hainbuchen sehr häufig ist, wie ich bereits erwähnt habe. Bei ihren dorsiventralen Sprossen kommt die richtende Wirkung des Lichtes in Betracht. Schon die Verschiebung der Blätter aus der ursprünglichen Insertion bewirkt das Licht bei dieser und allen verwandten Arten. Die Bildung der Sporogone wird auch hier auf der Lichtseite verhindert, ähnlich wie z. B. die Klettersprossen am Epheustämmchen.

Eine auffällige Form des Wachstums kommt zustande durch die gruppenweise, etagenförmige, bis mehr oder minder ringförmige Anordnung der Rasen übereinander, die weniger vom Regenfall, als vom Lichteinfall abhängig ist. Man hat geäußert, daß diese zonale Gruppierung der Rasen durch den Regenfall bedingt sei. Das scheint mir recht wenig zutreffend, denn nach forstwissenschaftlichen Messungen gelangen von den Niederschlägen im Walde kaum 75 % auf den Boden und noch viel weniger an die aufrechten Baumstämme. Außerdem sind die Wasserleitungsorgane wie Zentralstrang und Rippe bei sämtlichen Rindenmoosen, die hier in Betracht kommen, xerophytisch zurückgebildet und Stengelfilz fehlt überhaupt ganz. Viel eher möchte ich annehmen, daß die Lichtzufuhr hierbei eine Rolle spielt, denn die zonenförmig angeordneten und durch freie Stammstücke voneinander gesonderten Rasen haben offenbar einen besseren Lichtgenuß als etwa eine zusammenhängende Decke ihn finden würde. Hierher gehören noch die verwandten und auch im Bialowieser Gebiete verbreiteten Arten: *Neckera complanata* und *Homalia trichomanoides* sowie das Lebermoos *Plagiochila asplenioides*. In den tropischen Urwäldern sind solche Lichtanpassungen bei den zahlreichen Neckeraceen, Hookeriaceen, Hypopterygiaceen und vielen foliosen Lebermoosen noch deutlicher ausgeprägt.

Noch etwas anspruchsvoller im Lichtbedürfnis sind die ebenfalls skiophilen Arten des Waldbodens mit ihrem wedelartigen und plagiotropen Wuchs, oder stark sichelförmigen Blättern. Zu den typisch amphitropischen Moosen, wie sie GOEBEL nennt, d. h. wo das Licht die Flankenseite befördert, gehören im Bialowieser Gebiet das wedelartige *Hylocomium splendens*, *Ptilidium crista castrensis* und *Thuidium tamariscinum*. Bei dem amphitropischen *Hylocomium splendens* werden die zuerst im Jugendzustand orthotropen und radiär verzweigten Sprosse

durch das Licht später zu plagiotropen, fast schirmförmigen Sproßsystemen umgebildet, die sich immer rechtwinklig zum Lichteinfall orientieren und, da sich jedes Jahr ein neuer Wedel auf dem alten bildet, etagenartig aufbauen. Dieser charakteristische Etagenwuchs hängt also nicht mit dem Kampfe gegen die Laub- und Nadeldecke des Waldbodens zusammen, um vor dem Verschüttetwerden bewahrt zu bleiben (wie von einigen Bryologen angenommen wird), sondern diese Wachstumsweise hängt aufs engste mit dem Licht zusammen, indem der anfangs aufrechte Innovationssproß erst bei einseitigem Licht sich horizontal umbiegt und die auf der Licht- und Schattenseite befindlichen Sprosse sich nicht ausbilden. Wie schon vor 25 Jahren COESFELD experimentell nachgewiesen hat, entwickeln sich bei wechselnder Beleuchtung am Klinostat die orthotropen Innovationssprosse von *Hylocomium splendens* nach allen Richtungen hin.

Die Lichtwirkung spielt jedenfalls auch einen ausschlaggebenden Faktor bei dem Unterschiede in der Form der Niederblätter von den Laubblättern der Moospflanze; erstere sind infolge schwächerer Lichtintensität immer kleiner, meist auch stumpflicher als die letzteren. Wie man experimentell weiß, bilden sich z. B. bei *Campanula rotundifolia* an bereits langbeblätterten Sprossen bei schwächerem Licht wieder rundliche Primärblätter aus.

Die Ausbildung von sichelförmigen Blättern vieler Hypnaceen und Dicranaceen ist ein Schutz gegen zu starke Beleuchtung. So hat unter anderen das vorhin erwähnte *Ptilidium crista castrensis* noch schneckenförmig eingerollte Blätter und das an belichteten Waldstellen und Wegrändern häufige *Dicranum scoparium* (und *D. undulatum*) dreht seine pfriemenförmigen, sicheligen Blattspitzen gern der stärkeren Lichtseite zu.

Ferner haben die meisten Waldschattenmoose einen plagiotropen Wuchs und verzweigen sich horizontal, gleichsam flach auf der Rinde oder auf dem Erdboden kriechend, um so das zur Verfügung stehende Licht voll auszunützen. Selbst die ursprünglich orthotropen *Mnium*-Arten bilden niederliegende, flachbeblätterte Sprosse, um auf diese Weise zu ihrem Lichtoptimum zu gelangen, was sich recht anschaulich an *Mnium affine*, *M. cuspidatum* und *M. undulatum* auf dem Urwaldboden ausprägt. Ob aber die gekrümmte Kapselform der europäischen, rindenbewohnenden Astmoose von einseitiger Belichtung abhängt, muß man bezweifeln, da wir z. B. in den Tropen und Subtropen gerade unter den Astmoosen viele Rindenbewohner mit geraden und symmetrischen Kapseln haben. Dagegen ist sicher, daß die Blattzellengröße mit dem Licht zusammenhängt; denn je mehr schatten- und feuchtigkeitliebend die Moospflanze ist, desto weiter ist meist ihr Blattnetz.

Umgekehrt besitzen die photophilen Arten zum Schutze ihrer Chloroplasten ein enges und kleines, dickwandiges Zellnetz.

Das geringste Lichtbedürfnis scheinen die *Anomodon*-Arten, *A. viticulosus* und *A. longifolius* zu haben, da sie sich im tiefsten Waldschatten am Grunde der Stämme am wohlsten fühlen und außerdem noch das Chlorophyll ihrer kleinen Blattzellen durch dicke Wände und Papillen schützen. Schon am Protonema ist die Lichtwirkung formenverändernd, so sind nach CORRENS die Assimilationsorgane des Protonemas der vorhin erwähnten *Tetraphis pellucida* bei schwächerer Beleuchtung nicht mehr breit und blattartig, sondern schmale, verzweigte Gebilde, sogenannte Protonemabäumchen.

Betrachten wir noch kurz die photophilen oder lichtliebenden Arten des Gebietes, so sehen wir, daß dieselben, wie überhaupt im Verhältnis zu den skiophilen Arten, auch hier sehr in der Minderzahl sind. Es sind vorwiegend die orthotrop wachsenden, akrokarpischen Formen mit multilateraler Beblätterung, wie einige Polytrichaceen und Bryaceen und vor allem die moorbewohnenden Sphagnaceen. Typische photophile Arten von Laubmoosen fehlen im Urwaldgebiet fast gänzlich, abgesehen von *Polytrichum strictum*, *P. juniperinum*, *P. piliferum*, *Aulacomnium palustre* und etwa *Ceratodon purpureus*, sowie in Ausstichen das seltenere Lebermoos *Alicularia minor*. Eine Reihe von Moosen sind polyklinische Arten und passen sich an Licht und Schatten gleichzeitig an, wie z. B. *Hypnum cuspidatum*, *H. cupressiforme*, *Brachythecium rutabulum*, *Polytrichum commune* usw. Auch die Sumpf-Hypnaceen wie *Calliergon* und *Drepanocladus*-Arten nehmen eine schwankende Stellung ein, da sie starke Belichtung vertragen, wenn sie stets naß gehalten sind. Dagegen sind die *Sphagnum*-Arten lichtliebend, und wie wir aus den vorhergehenden Aufzählungen ersehen haben, sehr zahlreich vertreten. Dieselben schützen ihre empfindlichen Chloroplasten gegen zu intensive Sonnenbestrahlung dadurch, daß sie die Chlorophyllzellen in große Hyalinzellen einbetten, und außerdem zum gegenseitigen Schutz nur in dicht gedrängten Rasen und Polstern wachsen. — Ich möchte gleich bemerken, daß man vielleicht ebenso richtig umgekehrt sagen könnte, weil diese Eigenschaften in ihrer Organisation liegen, können sie sich trotz ihres zarten Aufbaues an sonnenbestrahlten Orten lebensfähig erhalten! —

Bei den in den Tropen so arten- und individuenreichen Familien der Leucobryaceen ist dasselbe Prinzip in allen Abstufungen zu beobachten. Auch im Bialowieser Waldgebiet findet sich hie und da an leicht beschatteten, feuchten Heidestellen der einzige europäische Vertreter dieser Familie, nämlich *Leucobryum glaucum*. Daß die Hyalin-

zellen der Sphagnen, welche bekanntlich besonders der Wasserleitung dienen, tatsächlich auch den Zweck des Lichtschutzes erfüllen, geht auch daraus hervor, daß die Arten, welche schattige Waldstellen lieben, wie z. B. *Sph. fimbriatum*, relativ kleine Hyalinzellen neben großen Chlorophyllzellen haben, während umgekehrt die lichtliebenden Arten große Hyalinzellen und kleine Chlorophyllzellen besitzen. Außerdem sind die Hyalinzellen noch mit verdickten Ring-, Spiral- und Kammfasern sowie deren Papillen versehen, welche auch der Lichtzerstreuung dienen.

Ein noch wirksameres Schutzmittel gegen Sonnenbestrahlung ist, wie ich hervorheben möchte, die Färbung der Zellwände der Hyalinzellen, welche an besonnten Stellen die bekannten violetten, rötlichen und bräunlichen Töne der Hochmoorsphagnen, wie *Sphagnum medium*, *S. fuscum*, *S. rubellum* usw. bedingen. Kupferrötliche bis goldbräunliche Farbentöne sind auch bei den vorhin erwähnten Sumpf-Hypnaceen, die stark besonnt werden, eine bekannte Erscheinung. Überhaupt sind die Schutzfärbungen der Moose am besten in den Tropen an den oft prächtig gefärbten Neckeraceen und Hookeriaceen, sowie an den foliosen Lebermoosen zu beobachten, doch ist hier nicht der Ort, um näher darauf einzugehen. Haben wir bei den skiophilen Waldmoosen einen Kampf um das Lichtoptimum unter dem Schatten der Bäume gesehen, so sehen wir hier im Freiland einen Kampf gegen zu übermäßige Sonnenbestrahlung.